

外部熱源を用いないプラスチック光ファイバのテーパ加工法の提案

Plastic optical fiber tapering with no use of external heat source

東工大 精研 ○氏原 大希 林 寧生 皆川 和成 田原 麻梨江 水野 洋輔 中村 健太郎

P. & I. Lab., Tokyo Tech ○Hiroki Ujihara, Neisei Hayashi, Kazunari Minakawa,
Marie Tabaru, Yosuke Mizuno, and Kentaro Nakamura

E-mail: hujihara@sonic.pi.titech.ac.jp

1. はじめに

近年、橋やトンネルをはじめとする構造物のヘルスマニタリングのため、光ファイバ中のブリルアン散乱を用いた分布型歪・温度センシング技術の研究が積極的に推進されている[1]。従来は専らガラス光ファイバが用いられていたが、数%の歪で破断してしまう問題があった。これに対して、プラスチック光ファイバ (POF) は 100%もの巨大な歪にも耐えることができる[2]。そこで、POF 中のブリルアン散乱を用いることで、測定可能な歪の上限を大幅に拡大することができる。

装置上の制約から、ブリルアン散乱の観測には通信波長帯の光が用いられる。一般的なアクリルで構成された POF は通信波長帯での伝搬損失が極めて高いため、同帯域で比較的低い損失を有する全フッ素化屈折率傾斜型プラスチック光ファイバ (PFGI-POF) においてのみ、ブリルアン散乱が実測されている[3]。しかし、シリカ単一モードファイバ (SMF) に比べ、PFGI-POF はコア径が 50–120 μm と大きく、通信波長帯での伝搬損失も約 250 dB/km と高いため、そのブリルアン散乱信号は微弱であった。これまでに、PFGI-POF 中のブリルアン散乱信号を増強するため、高パワー光の入射や誘導散乱への遷移[4]が実証されてきた。同様に、PFGI-POF をテーパ加工することができれば、光パワーがコアの中心により集中するため その箇所からの散乱信号が増強されると期待される。

最も一般的な光ファイバのテーパ加工法は、ファイバを局所的に加熱し、引張る手法[5]であり、すでにガラス光ファイバのみならず POF に対しても適用されている[6]。しかし、外部の熱源を用いる必要があり、利便性に欠ける。また、ケミカルエッチングによる光ファイバのテーパ加工法[7]も知られているが、薬品の利用は利便性を著しく損なう。更に、PFGI-POF は耐薬品性が高いため、この手法の適用自体が困難である。

そこで本発表では、外部熱源を用いず、高パワー伝搬光による内部発熱を利用した PFGI-POF のテーパ加工法を提案、実証する。また、作製した PFGI-POF テーパを利用することで 液体の屈折率が測定可能であることを実験的に示す。

2. 実験系

3層構造 (コア径 50 μm , クラッド径 70 μm , 外径 (補強層径) 490 μm) の長さ 200 mm の PFGI-POF をテーパ加工した。実験系を図 1 に示す。波長 1552 nm のレーザの出力光をエルビウム添加光ファイバ増幅器 (EDFA) により増幅し、PFGI-POF に入射した。透過光パワーはパワーメータで測定した。PFGI-POF とシリカ SMF との結合は突合せ接続により実現した[3]。また、PFGI-POF の両端は可動ステージに固定し、任意の速度で引張した。

3. 実験結果

まず、PFGI-POF の中央付近を工具で局所的にプレスし、約 23 dB のロスを付与した。その部分に 27 dBm (= 500 mW) の光を入射し、赤外線放射温度計で観測したのが 図 2 である。高温部が光入射側とは逆の向きに尾を引いている。これは、伝搬光の一部の光路がロス印加部で乱され、少し進んだ先にある補強層で吸収されて熱を生じているものと考えられる。

次に、光を入射したまま 500 $\mu\text{m}/\text{s}$ の速度で 4 mm だけ引張したところ、図 3(a)のように、ロス印加部よりも約 0.5 mm だけ隔たった箇所からテーパ形状への変形が生じた。その外径の長手方向に沿った分布を図 3(b)に示す。約 4 mm に渡ってテーパ形状が得ら

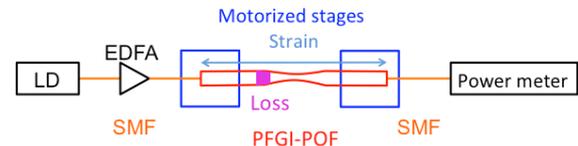


図 1. Schematic of experimental setup. EDFA, erbium-doped fiber amplifier; LD, laser diode; PFGI-POF, perfluorinated graded-index plastic optical fiber; SMF, single-mode fiber.

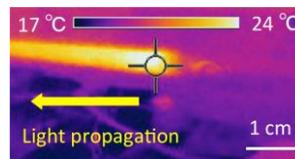


図 2. Thermograph of the loss-induced part in a POF.

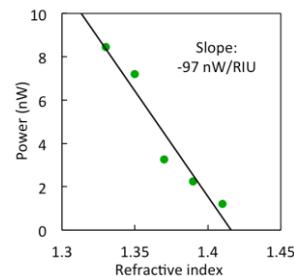
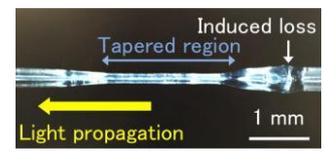
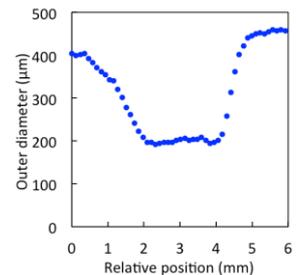


図 4. Measured transmitted power as a function of refractive index.



(a)



(b)

図 3. (a) Micrograph of a tapered PFGI-POF. (b) Its outer diameter distribution.

れ、その中心付近の 2 mm 程度のウエスト区間では約 200 μm の様な外径が得られた。

最後に、この PFGI-POF テーパの 4 mm の区間全体を屈折率 1.33 から 1.41 の砂糖水に浸したときの透過光パワーを測定した。入射光パワーは 10 dBm とした。砂糖水の屈折率に対する透過光パワーの依存性を図 4 に示す。屈折率の増加に対して透過光パワーは減少し、この屈折率範囲での依存係数は -97 nW/RIU であった。屈折率増加に伴う透過光パワーの減少傾向は、外部熱源を用いてテーパ加工したアクリル POF での報告[6]と同様であった。なお、ウエスト区間以外の箇所を砂糖水に浸しても透過光パワーは変化しなかった。以上より、本手法で作製した PFGI-POF テーパによるエバネッセント波の生成 (テーパの基本機能のひとつ) が確認された。ウエスト径やテーパ長の制御性の解明が今後の課題である。

参考文献

- [1] G. P. Agrawal, *Nonlinear Fiber Optics* (Acad. Press, Cal., 1995).
- [2] H. Ujihara et al., *IEICE Electron. Express* **11**, 20140707 (2014).
- [3] Y. Mizuno et al., *Appl. Phys. Lett.* **97**, 021103 (2010).
- [4] Y. Mizuno et al., *Opt. Lett.* **36**, 2378 (2011).
- [5] J. C. Knight et al., *Opt. Lett.* **22**, 1129 (1997).
- [6] D. J. Feng et al., *Appl. Opt.* **53**, 2007 (2014).
- [7] R. Gravina et al., *Sensors* **9**, 10423 (2009).